

電力中央研究所 正会員 平田和太
同 正会員 栃木 均

1. はじめに

防波堤の地震時安定性についての検討は通常、震度法による静的解析によって行なわれるが、防波堤の重要度に応じて、当該地点で想定される設計地震動を用いた動的解析を行い、より実情に則した検討の必要性が生じてこよう。ここではケーソン式堤について地震時の応答特性、破壊特性（主に滑動、沈下量）を評価する場合の基礎的な資料を得る目的で振動台による模型実験を行った結果について報告する。

2. 実験の概要

想定した防波堤の設置条件は、水深20m、海底地盤は第3紀層以前の岩盤とした。模型の縮尺は1/50で、振動台上に固定された高さ1m、幅1m、長さ3mの鋼製土槽中に砕石（50%粒径 $D_{50}=7.9\text{mm}$ ）で高さ10cmのマウンドを築き、その上にコンクリート製ケーソンを設置した。模型の諸元を表-1に、模型概要および計測器の配置を図-1に示す。実験は模型の周波数応答特性を調べるための共振実験と動的破壊特性を調べる振動破壊実験を実施した。共振実験では加振振動数範囲は1~40Hz、振動数刻みは0.5~0.1Hzとし、振動台の入力加速度は10galを基本としている。振動破壊実験では正弦波1波および3波を振動台入力として与え、振動数は40, 30, 20, 10, 5Hzとし、各振動数ごとに加速度を100gal刻みで増加させ、最大500~600galで加振した。実験対象とした模型は

表-1 模型の諸元

	原 型	相似比	所要量	模型
ケーソン高さH(cm)	20.0×10^2	1/2	40	40
幅B(=)	20.0	1/2	40	40
長さL(=)	23.5	1/2	47	47
重量W(kg)	19740×10^3	1/25	157.9	1498
単位体積重量(g/cm^3)	2.1	1	2.1	1.99
マウンド厚(cm)	5.0×10^2	1/2	10	10
水 深(=)	20.0×10^2	1/2	40	40
天端高(=)	25.0×10^2	1/2	50	50
消波ブロック重量(kg)				2

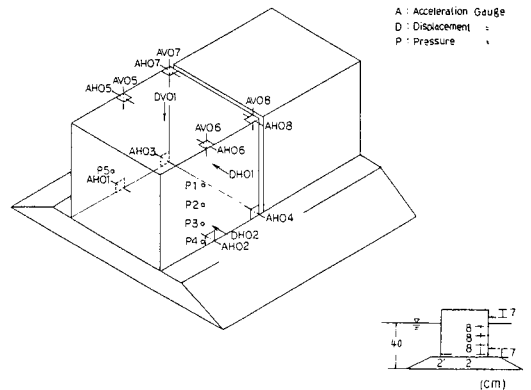


図-1 模型の概要と計測器の配置

- ①マウンド+ケーソン、水無し
 - ②同、水有り
 - ③マウンド+ケーソン+消波ブロック、水無し
 - ④同、水有り
- の計4種で、応答および破壊特性に及ぼす水、消波ブロックの影響を調べた。

3. 模型の応答特性

図-2に消波ブロック無しの場合について、水有りの場合には、付

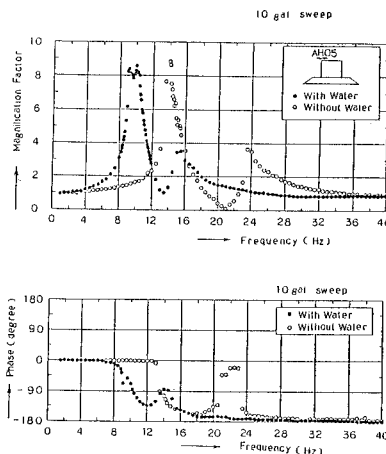


図-2 ケーソンの応答特性(消波ブロック無)

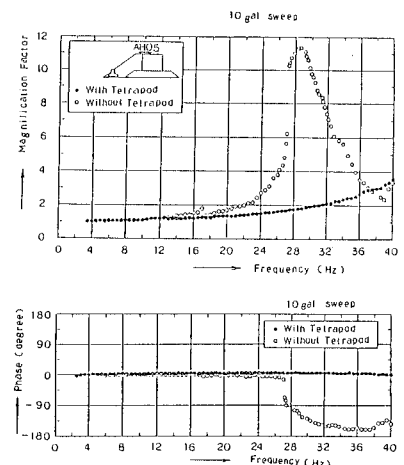


図-3 ケーソンの応答特性(消波ブロック有)

加質量効果による共振振動数の低下がみられ、1次は14→9 Hzに、2次は24→16 Hzに低減している。共振時の応答倍率については、水の有無による差は殆んどない。図-3は消波ブロックの有無による応答の差を示したもので、消波ブロックを据えた場合には抑え効果によりケーソンの拘束が強まり、固有振動数は増加している。図-4にはケーソン前面に作用する動水圧の分布を示す。図中にはWestergaardの式による値も示されているが、このときの震度としてはケーソン下端での加速度を採用している。5 Hz, 15 Hz 加振時には実験値と理論値は概ね一致するが、共振時10 Hzでは、理論値は実験値を下回っている。これはケーソンのロッキング振動により、壁面の震度分布が一様とならなくなるため、共振点付近での震度の適切な評価方法が問題となる。

4. 模型の振動破壊特性

ここでは主にケーソンの滑動に着目し、加振振動数、入力加速度レベルと滑動量との関係について得られた結果を示す。図-5は正弦波3波加振時の入力加速度とケーソンの滑動量との関係を示したものである。(a)(b)は消波ブロック無しの場合であるが、水有りの場合では滑動開始の加速度は水無しの場合よりも小さい。これは浮力分の接地圧の低減による静止摩擦力の減少、動水圧の影響と考えられるが、滑動量については両者間の差は小さい。また、加振振動数が低下するに従い滑動量は増加するが、滑動量に及ぼす影響としては地動加速度よりも速度の方がより支配的であるためである。消波ブロックを据えた場合について同様の整理を行った結果を図-5(c)(d)に示す。この場合も(a)(b)と同様のことがいえるが、ケーソンの滑動量は小さくなっている。これは振動台の初動の向きから決まるケーソンの滑動の向きと消波ブロックによる作用力の向きが相殺し合ったため、消波ブロックによる抑え効果とは一概にはいえない。なお、ケーソンの沈下量は滑動量に比べて1オーダー低く、この程度のマウンドの層厚では、沈下はあまり問題にならないようである。

5. まとめ

ケーソン式堤防の地震時の応答特性、滑動、沈下についての定性的な傾向を捉えることができた。数値解析等による定量的な評価は今後の課題としたい。

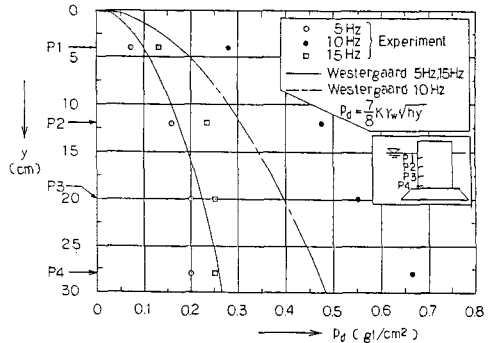
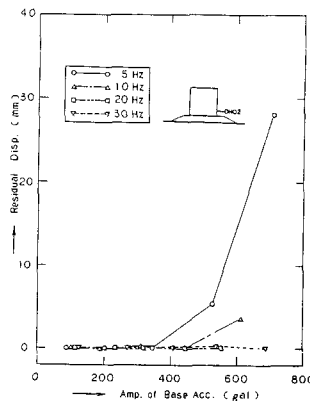
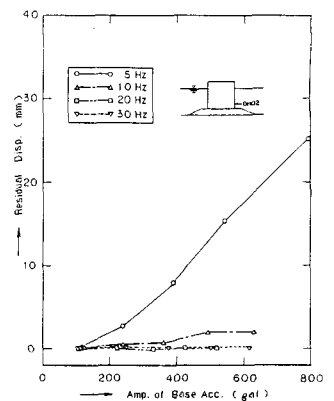


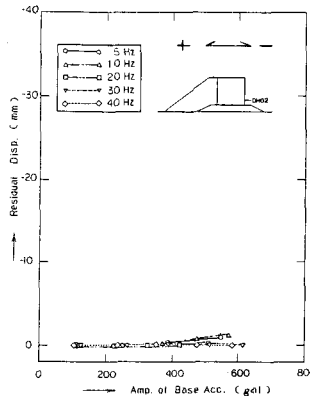
図-4 ケーソン前面に作用する動水圧分布



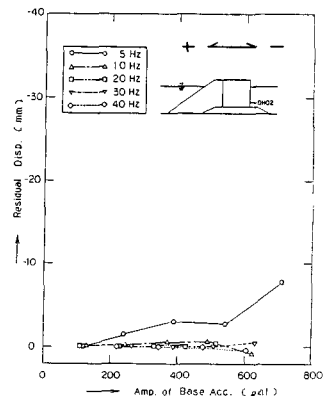
(a) 消波ブロック無し, 水無し



(b) 消波ブロック, 水有



(c) 消波ブロック有, 水無し



(d) 消波ブロック有, 水有

図-5 振動台入力加速度とケーソン滑動量の関係(正弦波3波)